

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ И ПРАКТИКУ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Историческое происхождение термина «риск» («*risk*»)

«*risicare*» (итал.) — «посметь»,
«ОТВАЖИТЬСЯ»;
«*ridsikon*», «*ridsa*» (греч.) — «объезжать
скалу, утес»;
«*risque*» (франц.) — «рискованный,
сомнительный»;
«*rescum*» (лат.) — «непредсказуемость,
опасность»

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Некоторые определения «риск»

Риск – это неопределенная ситуация, в которой одно или несколько последствий (*outcomes*) нежелательны

М. Меркофер

Риск – характеристика ситуации или действия, когда возможны многие исходы, существует неопределенность в отношении конкретного исхода и, по крайней мере, одна из возможностей нежелательна

Концепции риска

«Риск» как опасность или угроза — риск обусловлен случайными событиями или процессами; последствия этих событий или процессов являются нежелательными. (данная концепция лежит в основе теории природной и техногенной безопасности);

«Риск как возможность» — чем выше риск, тем выше потенциальный доход, но также выше и вероятные убытки (данная концепция используется при управлении финансовыми и экономическими рисками);

«Риск» как неопределенность — риск рассматривается как вероятностное распределение возможных исходов (позитивных и негативных) (данная концепция используется в теории принятия решений, портфельном инвестировании).

В **концепции риска как опасности** значительная часть определений понятия «риск» связана с двумя утверждениями:

- риск обусловлен случайными событиями или процессами;
- последствия этих событий или процессов являются нежелательными.

В концепции «риск как опасность» при определении понятия «*риск*» обычно отталкиваются от базового понятия «*опасность*». В связи с этим **риск часто понимают как количественную меру опасности**

Применение определения «риск» в разных областях деятельности

«Риск — есть мера опасности» — область применения: оценка техногенной и природной опасности;

«Потенциальная возможность отклонения от ожидаемого или планируемого результата» — область применения: экономические науки, медицина, юриспруденция, биология;

«Событие, представляющее материальную угрозу чьему-либо состоянию» — область применения: страхование.

Механизм генерации риска (*risk-generation process*)

Необходимые условия генерации риска:

Первое условие — наличие опасности (*hazard*), угрозы.

Второе условие — проявление опасности (*exposure process*): наличие источника риска (техногенная авария, заболевание человека и др).

Третье условие — наличие эффектов, результатов, последствий (*effects*) проявления опасности (материальные ущербы, возникновение поражающего фактора определенного уровня и т.д.).



Процесс генерации риска «цепь риска» (*risk chain*)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДЫ, СИТУАЦИИ И ОБЪЕКТА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРИРОДУ И ВЕЛИЧИНУ РИСКА



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

ФОРМИРОВАНИЕ РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО ВБЛИЗИ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Виды риска и условия его возникновения

Вид риска	Объект воздействия	Источники и рискообразующие факторы
Риск для жизни и здоровья человека	Человек	Образ жизни, генетика, социальные условия жизни, низкое качество окружающей среды
Техногенный	Технические и техногенные системы и объекты	Несовершенство технических и техногенных систем, техногенные аварии и чрезвычайные ситуации, несанкционированные акции
Экологический	Здоровье человека, качество природной среды, экологические системы, биogeоценозы	Негативное техногенное и природное воздействие
Социальный	Социальные группы населения, общество	Крупные техногенные аварии, чрезвычайные ситуации, низкие уровень и качество жизни
Экономический	Материальные и финансовые ресурсы, стабильность бизнеса	Техногенная и природная опасности, неустойчивость техногенных систем, недостатки управления риском

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

По степени свободы субъекта и по личному ощущению человека к испытываемому риску различают **добровольный и вынужденный риск**



Добровольный риск – это риск, который человек берет на себя в личной жизни путем свободного выбора образа жизни и рода личных занятий.



Вынужденный риск – это риск профессиональной деятельности человека, осуществляемой в определенных условиях.

Техногенный риск — возможность нежелательных последствий от опасных техногенных явлений (аварий и катастроф на объектах техносферы), а также ухудшения качества окружающей среды из-за промышленных выбросов в процессе хозяйственной деятельности.

Необходимые и достаточные условия возникновения техногенного риска

- *существование фактора риска* (источника опасности);
- *возникновение поражающего (вредного) фактора* в определенной, опасной (или вредной) для объектов воздействия дозе;
- *присутствие объекта в зоне поражения;*
- *уязвимость (чувствительность) объектов воздействия к факторам опасностей.*

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

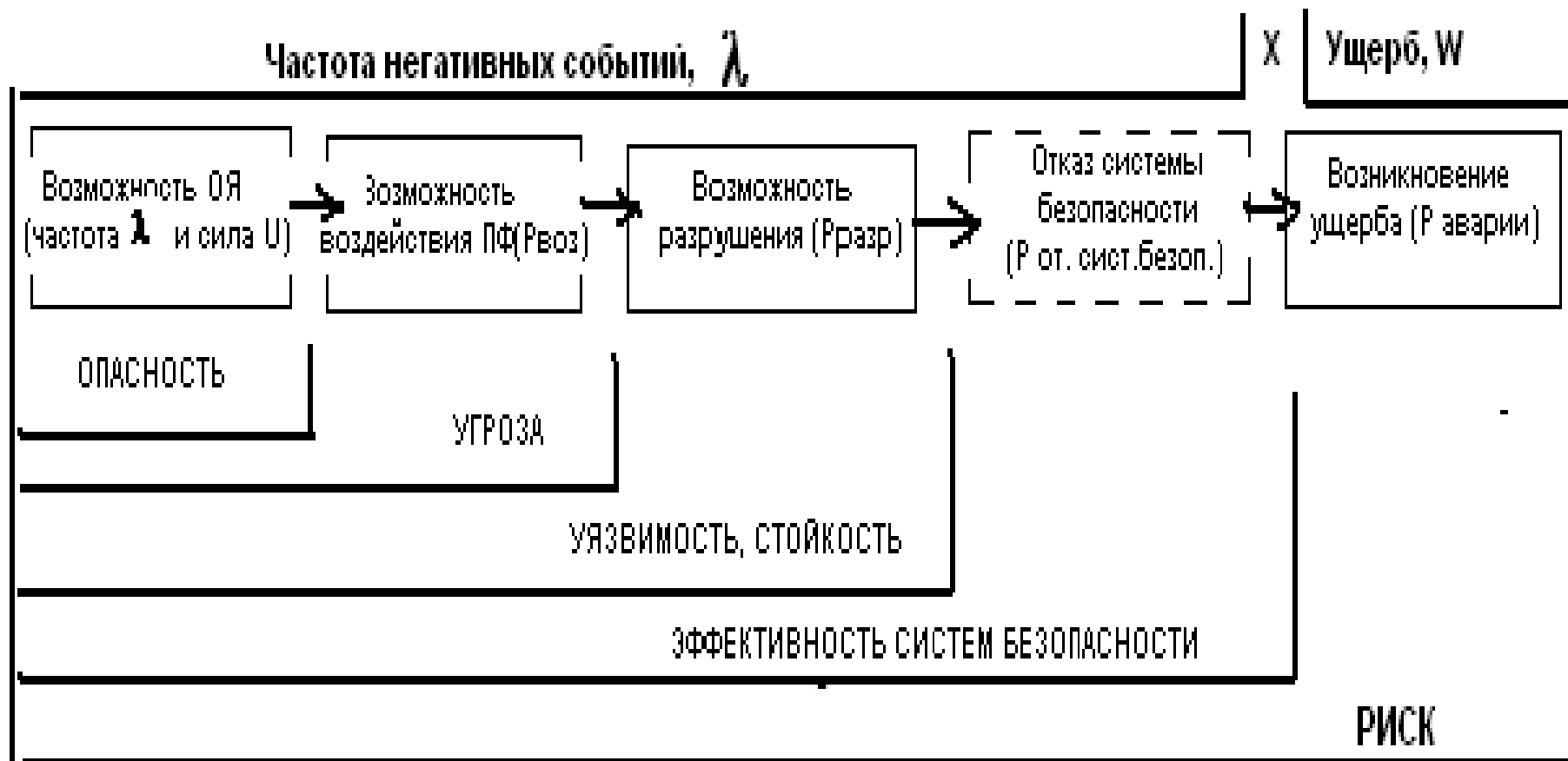
Факторы и условия, влияющие на зарождение и развитие техногенного риска



Нарушение технологического процесса – накопление дефектов – разрушение конструкции – реакция реципиента

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Вероятностная модель формирования техногенного риска (Акимов В.А. и др., 2004)



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО (аварийного) РИСКА ----- оценка вероятности (проведение частотного анализа) возникновения некоторых классов аварийных ситуаций по определенному сценарию и оценка последствий для человека и окружающей среды

Риск = вероятность x последствия (ущерб) (R = P x W)

1). Двумерное толкование риска

$$\text{Показатель риска} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{время}} \right] = \text{частота} \left[\frac{\text{события}}{\text{время}} \right] \times \text{средний ущерб} \left[\frac{\text{ущерб}}{\text{события}} \right]$$

2). Многомерный подход (триплеты)

$$R = (S, P, W)$$

S --сценарий развития событий
P – вероятность
W – последствия

Оценка техногенного риска при нормальном, регламентированном режиме работы объекта R_n $R_n = P_n \cdot W_n$ $P_n \approx 1; R_n \equiv W_n$

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Основные характеристики функции распределения, используемые в оценке риска

$$F(x) = P(X < x)$$

математическое ожидание;

медиана и квантиль ;

дисперсия ;

среднее квадратичное отклонение ;

коэффициент вариации;

математическое ожидание функции потерь и т.д.

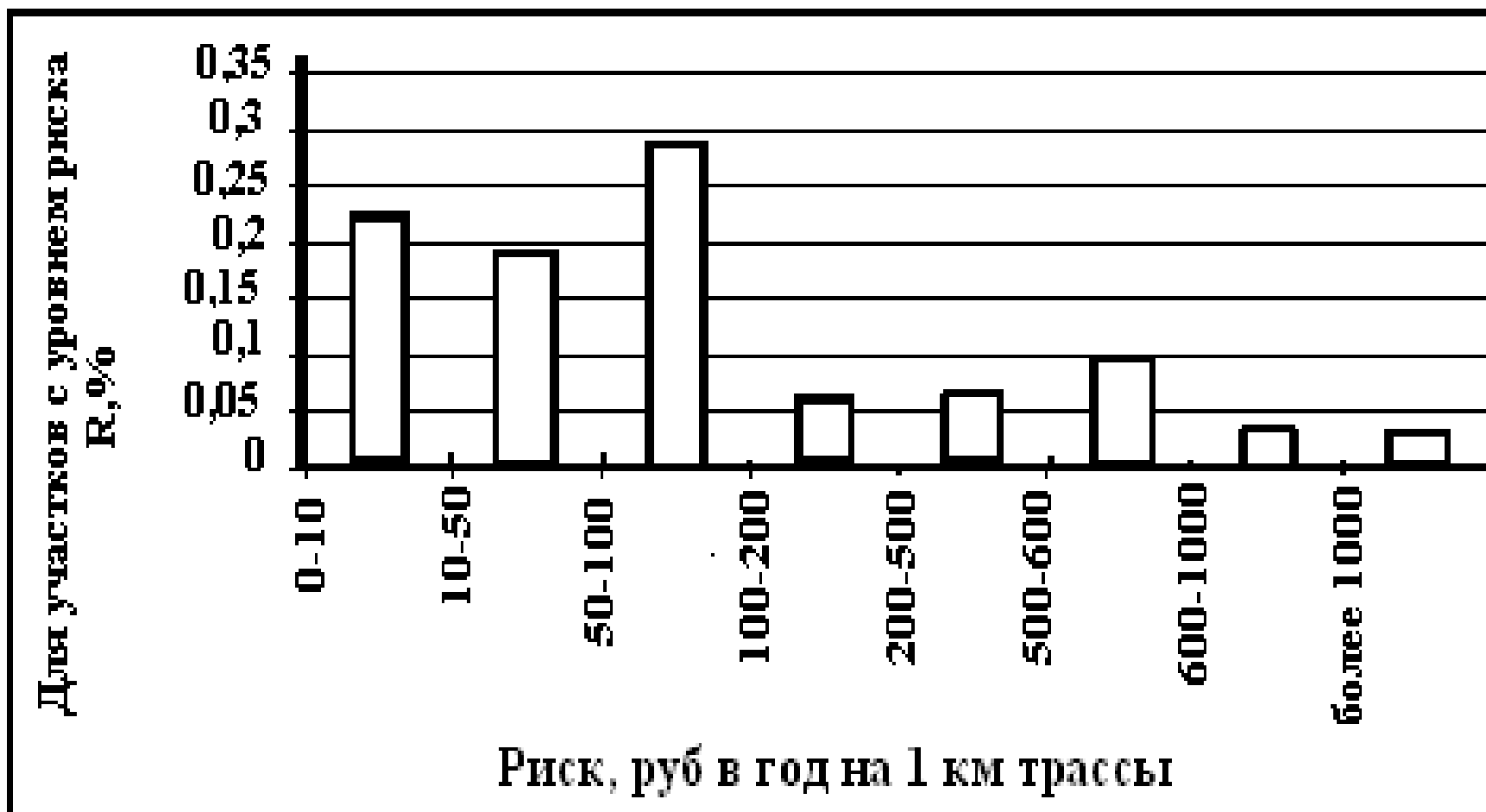
математическое ожидание: для дискретного распределения: $M(X) = \sum_y xp$

для непрерывного распределения $M[X] = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$

$f(x)$ — плотность распределения вероятностей случайной величины X

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Ранжирование трассы нефтепродуктопровода по уровню ущерба (Дмитрук В.И., 2000)



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

«Средний риск» --- мера опасности, определяемая как математическое ожидание потерь (ущербов)

1). **Общее выражение**
Величина среднего риска

$$R = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

где R — количественная мера риска (*средний риск*);
 P_i — вероятность получения ущерба размера X_i
 X_i — величина ущерба, выраженная в соответствующих показателях;
 n — число возможных вариантов ущербов, включая и нулевой ущерб.

2). **Ущерб — результат различных неблагоприятных и независимых друг от друга событий:**

Величина среднего риска

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j P_i(j) X_i$$

где $P(j)$ — вероятность наступления неблагоприятного события (закон распределения вероятностей наступления каждого события)

$P_i(j)$ — вероятность получения ущерба (закон распределения ущербов при наступлении неблагоприятных событий),

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Графическое представление риска (визуализация рисков)

Интегральная кривая распределения вероятности ущерба

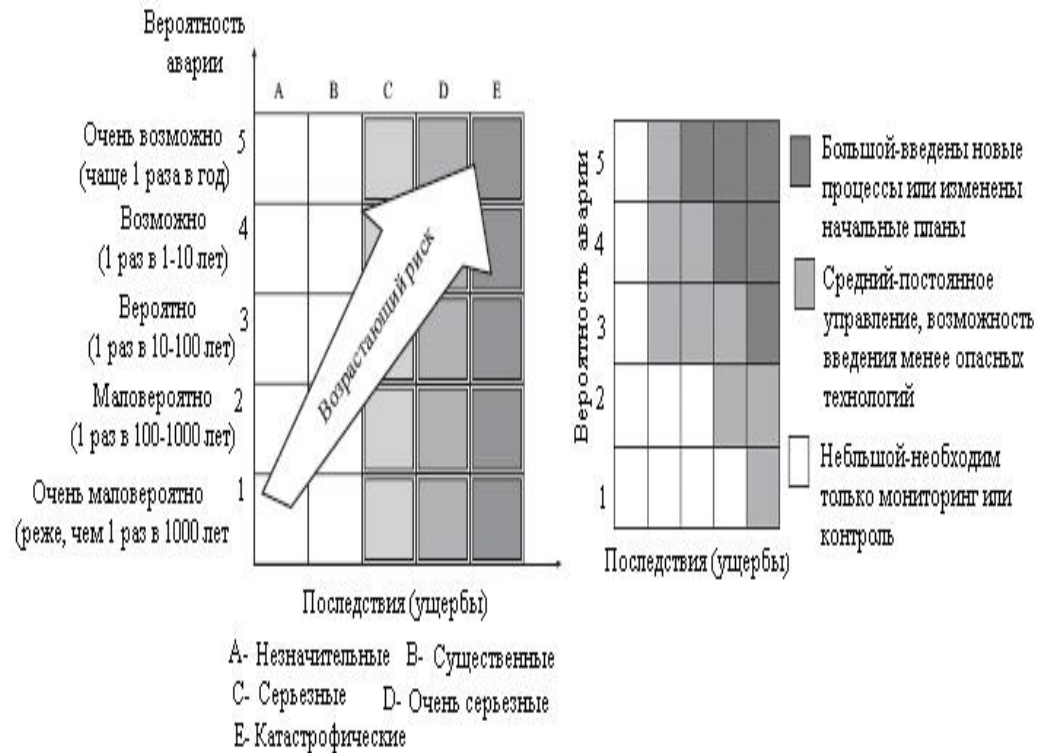
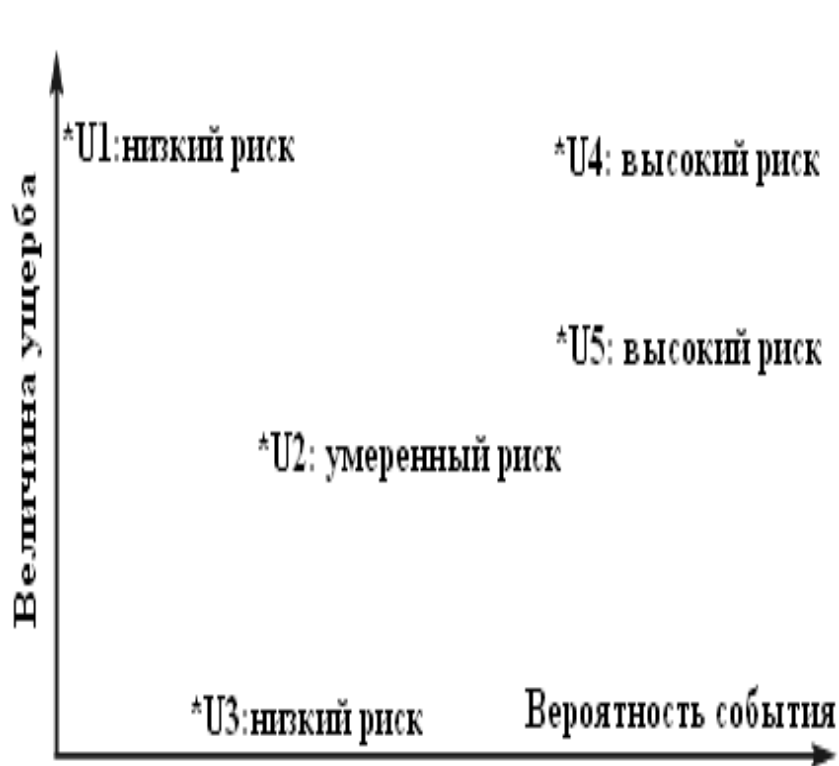


Кривая "частота потерь-потери для производств с различным уровнем защиты, Lees, 1996

Ситуация воспринимается как опасная, рисковая только в тех случаях, когда вероятность неблагоприятного события и возможный ущерб от его проявления отличны от нуля или реальны в житейском понимании.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РИСКА



А) Представление риска в виде точек на координатной плоскости

В) Матричный метод представления риска

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Последствия техногенных опасностей — результат воздействия вредных и/или поражающих факторов, сопровождающих негативное событие, на человека, объекты экономики, социальную сферу, окружающую природную среду, а также возникшие новые черты сложившейся обстановки, характеризующие изменившиеся условия, возможности, отношения, связи и т.д.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Последствия техногенного риска



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Ущерб — результат негативного изменения вследствие каких-то событий, явлений, действий состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств; фактические или возможные социальные и экономические потери (отклонение здоровья человека от среднестатистического значения, т.е. его болезнь или даже смерть; нарушение процесса нормальной хозяйственной деятельности; утрата собственности, других материальных, культурных, исторических или природных ценностей и т.д.) и/или ухудшение природной среды или в окружающей человека среде.

Ущерб — это оцененные последствия. Оценка ущерба заключается в определении его величины в натуральном или денежном выражении (экономическая оценка ущерба).

Классификация ущербов по объекту воздействия негативных факторов

медико-биологический (жизни и здоровью конкретных людей);

экологический (природной среде);

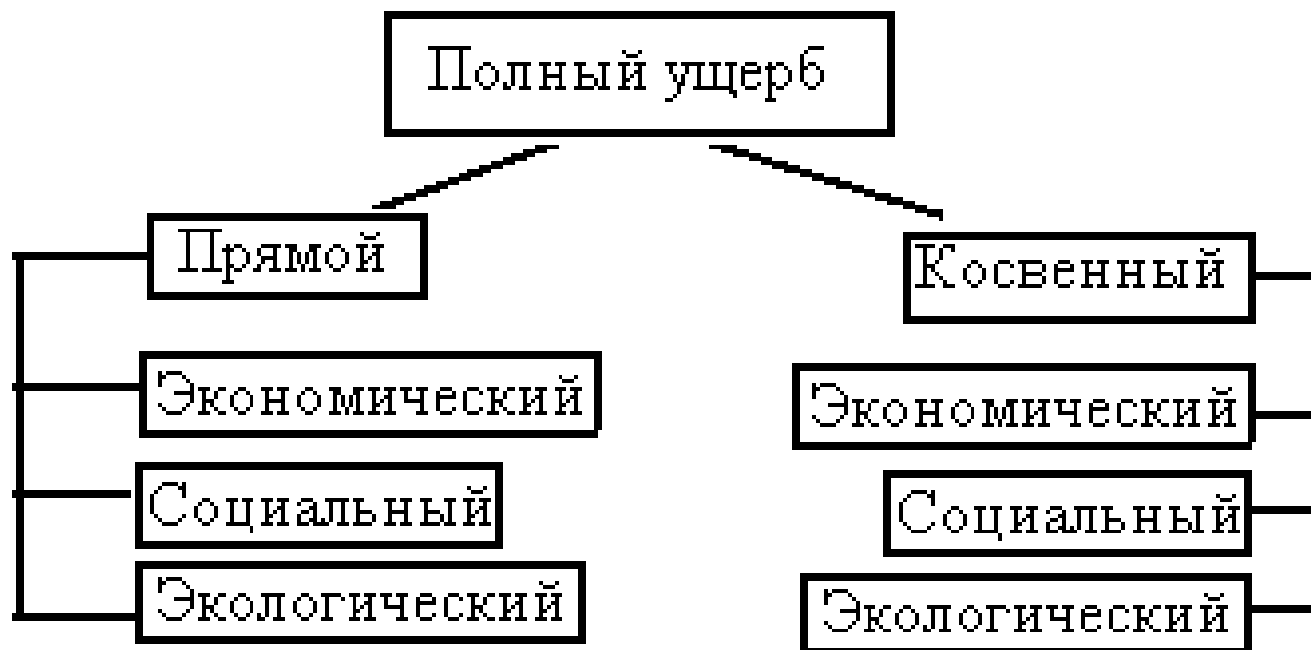
материальный, экономический, моральный (физическим и юридическим лицам, организациям);

социально-экономический (социально-экономической системе);

социально-политический (государству).

СТРУКТУРА ПОЛНОГО ТЕХНОГЕННОГО УЩЕРБА

(Алымов В.П., Тарасова Н.П., 2005)



Полный техногенный ущерб (в денежном выражении) -----

совокупность издержек, возникающих в результате затрат на восстановление вышедшего из строя оборудования, его простоя, потерь добываемой продукции, увеличения заболеваемости людей (или их гибели), снижения их работоспособности, ухудшения условий жизни, снижения продуктивности природных ресурсов.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Технический риск



Эффективность **технической системы** — совокупность свойств: **надежность** — **экономичность** — **безопасность**, определяющих способность системы выполнять определенные задачи.

Надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Основные вопросы, изучаемые в теории надежности:

- отказы технических элементов (средств, систем);
- критерии и количественные характеристики надежности;
- методы анализа и повышения надежности элементов и систем на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации;
- методы испытания технических средств на надежность;
- методы оценки эффективности повышения надежности.

Основной базовый показатель надежности и безопасности технических систем ---- вероятность безотказной работы $S(t)$ --- вероятность того, что за период времени (t) не произойдет отказ объекта

Вероятность безотказной работы $S(t)$ и вероятность отказа $R(t)$ образуют полную группу событий:

$$S(t) + R(t) = 1 \quad R(t) = 1 - S(t) \text{ --- функция риска, или технический риск}$$

Технический риск ---комплексный показатель надежности элементов техносферы

Технический риск — возможность инцидента, аварии, катастрофы на объекте техносферы, приводящая к негативным последствиям и к техногенному риску для жизнедеятельности населения. Выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

Оценка технического риска:

$$R_T = \frac{\Delta T (t)}{T (f)}$$

где

R_T —технический риск; ΔT — число аварий в единицу времени (t) на идентичных технических системах и объектах ; T — число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска f

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Основные источники и факторы технического риска

Источник технического риска	Наиболее распространенные факторы технического риска
Низкий уровень научно-исследовательских работ	Ошибочный выбор направлений техники и технологии по критериям безопасности
Низкий уровень опытно-конструкторских работ	Ошибочный выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем Неправильный выбор конструкционных материалов, недостаточный запас прочности. Отсутствие в проектах технических средств безопасности.
Серийный выпуск небезопасной техники	Отклонения от заданного химического состава конструкционных материалов. Нарушение режимов обработки деталей и регламентов сборки и монтажа конструкций и механизмов
Нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем	Использование техники не по назначению. Нарушение проектных режимов эксплуатации. Нарушение требований хранения и транспортировки.
Ошибки персонала	Слабое знание сущности процесса и неумение оценить информацию о состоянии процесса. Слабые навыки действия в сложной ситуации.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Основные отличия теории надежности и теории безопасности

теория надежности :

имеет дело с техническими системами, их отказами, неполадками, работоспособностью;

цепочки последующих событий рассматривают как *детерминированные* события;

предсказывает, как долго проработает элемент системы;

ничего не говорит о том, что необходимо предпринять в случае его отказа.

теория безопасности:

имеет дело со сложными социально-эколого-экономическими системами; варианты развития негативных событий рассматривает с привлечением *вероятностного анализа* безопасности;

анализирует различные сценарии развития негативных событий;

анализирует ущербы и последствия негативных событий;

разрабатывает методы и способы управления безопасностью и риском для минимизации возможных последствий.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Показатели риска для здоровья и жизни людей

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Индивидуальный риск — риск, которому подвергается индивидuum в результате воздействия исследуемых факторов опасности;

Индивидуальный риск отражает, насколько данные условия жизни комфортны для нормальной жизнедеятельности людей.

Индивидуальный риск рассматривают как:
вероятность преждевременной смерти или ущерба здоровью произвольному индивидууму из некоторой совокупности для определенных видов деятельности или условий проживания на определенной территории;
вероятность (частота) возникновения поражающих воздействий определенного уровня (смерть, травма, заболевание) для индивидуума при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (в которой находится индивидуум).

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Источники и факторы индивидуального риска смерти

Источник индивидуального риска	Наиболее распространенный фактор риска смерти
Внутренняя среда организма человека	Заболевания различной этиологии, старение
Образ жизни, привычки	Курение, употребление алкоголя наркотиков нерациональное питание
Транспорт	Транспортные происшествия, аварии, катастрофы
Техногенная среда	Вредные и поражающие факторы
Социальная среда	Войны криминальные преступления суицид
Природная среда	Опасные природные явления землетрясения, цунами, наводнения, ураганы и т.д.
Отдых, досуг, развлечения	Любительские и экстремальные виды спорта

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Количественно индивидуальный риск (преждевременной смерти или ущерба здоровью) для человека характеризуется **индивидуальной вероятностью смерти произвольного лица из населения, проживающего на рассматриваемой территории, или для профессиональных рабочих в рассматриваемой сфере деятельности в расчете на единицу времени**

размерность индивидуального риска — 1/ год; 1/ чел. • год;
смерть / чел. • год.

В качестве временного интервала в ряде случаев используют **продолжительность жизни человека**, которую обычно принимают равной 70 годам. В этом случае размерность индивидуального риска — 1/ жизнь.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

$$RI \approx n / NT \quad [1/\text{год}]$$

n – число смертей в год по рассматриваемой причине;

N – численность населения на рассматриваемой территории в оцениваемом году;

T -период наблюдения.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Индивидуальные риски для жизни человека от различных источников опасности

Причины смерти	Индивидуальный риск смерти, (год ⁻¹)
Опасные природные явления	$10^{-9} — 10^{-5}$
Несчастные случаи в быту, заболеваемость от загрязнения природной среды	$10^{-5} — 10^{-3}$
Самоубийства, убийства и т.п.	$10^{-4} — 10^{-2}$
Генетические и соматические заболевания	$10^{-4} — 10^{-2}$
Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве	$10^{-5} — 10^{-2}$

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Показатели риска преждевременной смерти

Средняя ожидаемая продолжительность жизни (СОПЖ), которая является **интегральным показателем общественного здоровья** (или уровня безопасности)

Величина сокращения средней ожидаемой продолжительности жизни (ССОПЖ) показывает, на какой срок укорачивается в среднем жизнь индивидуума, подвергающегося данному виду риска.

По некоторым оценкам по различным причинам ССОПЖ для США составляет: курение (мужчины, 1 пачка сигарет в день) — 2300 дней (6,3 года); избыточная масса тела (15 кг) — 900 дней (1, 4 года); алкоголь — 230 дней; автомобильные аварии — 180 дней; наркотики — 100 дней; убийства — 90 дней; несчастные случаи на работе — 74 дня; СПИД — 70 дней; кофе (3 чашки в день) — 26 дней; авиакатастрофы — 1 день; наводнения — 0,4 дня.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Количественная интегральная мера опасности, обусловленная занятостью людей на потенциально опасном объекте:

Коллективный риск при нормальной эксплуатации опасного предприятия и в случае аварии представляет собой ожидаемое число жертв среди персонала за определенный период действия.

$$RN = R_i \cdot N \cdot \Delta t$$

где R_i — определенный вид риска для отдельного человека (индивидуальный, потенциально территориальный);

N — общее число людей, подвергающихся негативному воздействию (потенциальному негативному воздействию),

Δt — период (доля) времени воздействия негативного фактора.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Социальный риск — это зависимость между вероятностью (или частотой) опасных событий, вызывающих поражение определенной группы (числа) людей (группы не менее определенной численности) при реализации соответствующей опасности, и этим числом людей

Социальный риск представлен частотой техногенных или природных опасных событий в год и условным распределением числа погибших в них (событий с числом жертв, не менее фиксированного значения):

$$f = a(\Delta t) R(n)$$

где

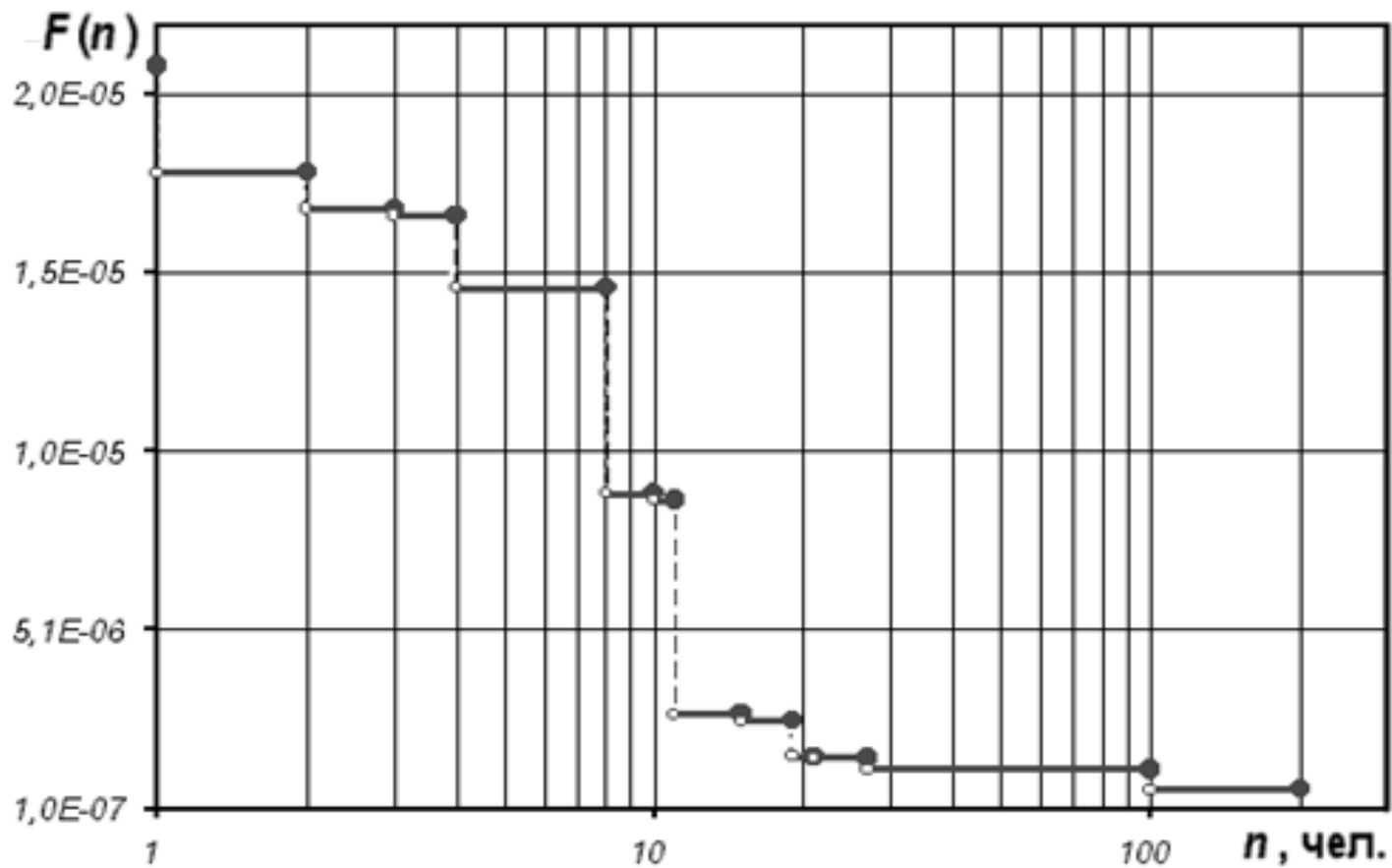
$a(\Delta t)$ — математическое ожидание числа аварий или чрезвычайных ситуаций в год на одном объекте (территории);

$R(n) = P(N \geq n)$ — условное распределение числа жертв при условии, что авария произошла;

n — случайная величина погибших или пострадавших в аварии.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

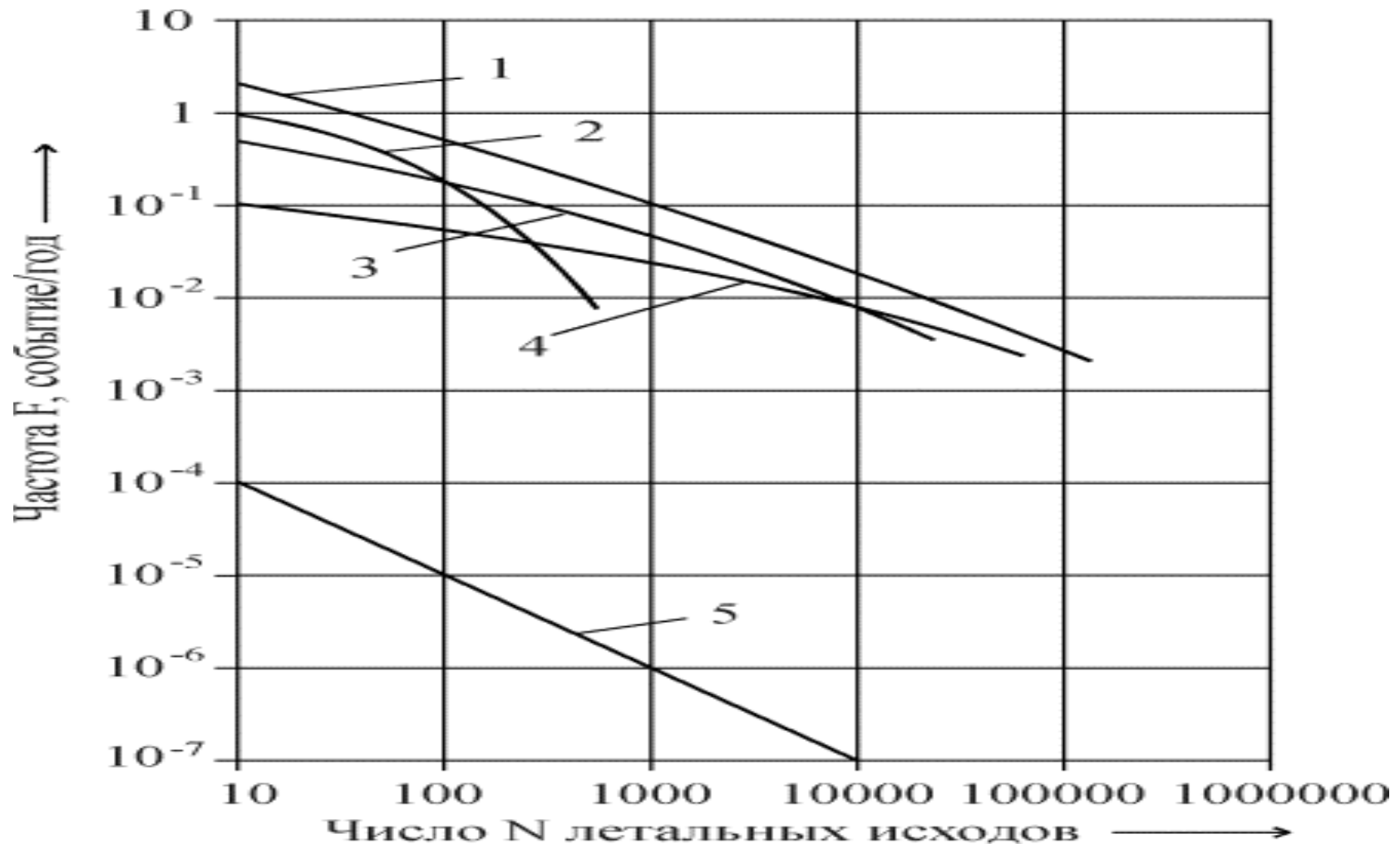
Графическое изображение интегральной функции распределения потерь (F/N -кривая)



В качестве числовой характеристики социального риска используется математическое ожидание данной случайной величины.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

ЧАСТОТА И КОЛИЧЕСТВО НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ С ПРИРОДНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ: 1-СУММАРНАЯ КРИВАЯ; 2- ТОРНАДО; 3- УРАГАНЫ; 4- ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ; 5- ПАДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Потенциальный территориальный риск P_a — вероятность поражения (гибели) человека ($p(a)$) конкретным видом воздействия (совокупностью видов воздействия) поражающих факторов (a) в течение года в определенной точке пространства с координатами на плоскости (x, y) , при реализации определенного сценария аварии S

$$p_a(x, y) = \sum_{S \in S} p_s(a) \quad p_s(x, y) = \begin{cases} p_s, & \text{если } a \in Z_s \\ 0, & \text{если } a \notin Z_s \end{cases}$$

где S — сценарий аварии, отвечающий реализации определенного инициирующего события и определенной ветви сценария; Z_s — зона поражения людей при реализации сценария S ; S — множество сценариев, возможных для данной технической системы.

Потенциальный территориальный риск принимает характер территориального условного индивидуального риска и равен вероятности (или частоте) негативного исхода в результате реализации механизма воздействия в точке с координатами рассматриваемой территории

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Для оценки риска, связанного с выбросами вредных веществ, потенциальный территориальный риск в точке (x, y) оценивается по формуле:

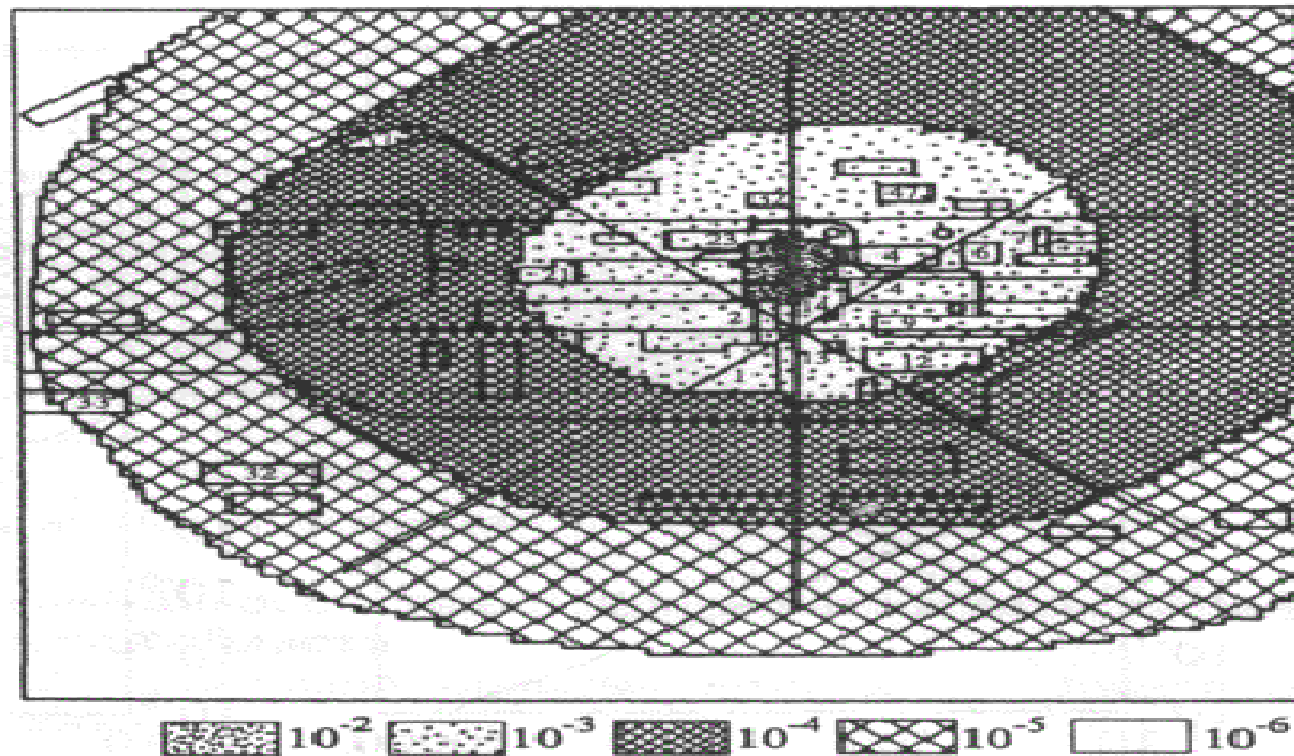
$$RI(x, y) = \sum_{ij} P(A)_i P_{ij}(x, y) P(L)_j$$

$P(A)_i$ — вероятность аварии по i -му сценарию

$P_{ij}(x, y)$ — вероятность реализации механизма воздействия j -го поражающего фактора в точке (x, y) для сценария выброса (i)

$P(L)_j$ — вероятность летального исхода (или заболевания) при реализации механизма воздействия поражающего фактора (j)

Поле риска — область на карте или схеме территории, характеризующаяся определенной степенью воздействия конкретного опасного фактора на объекты (включая человека) и соответственно определенной степенью ущерба от него



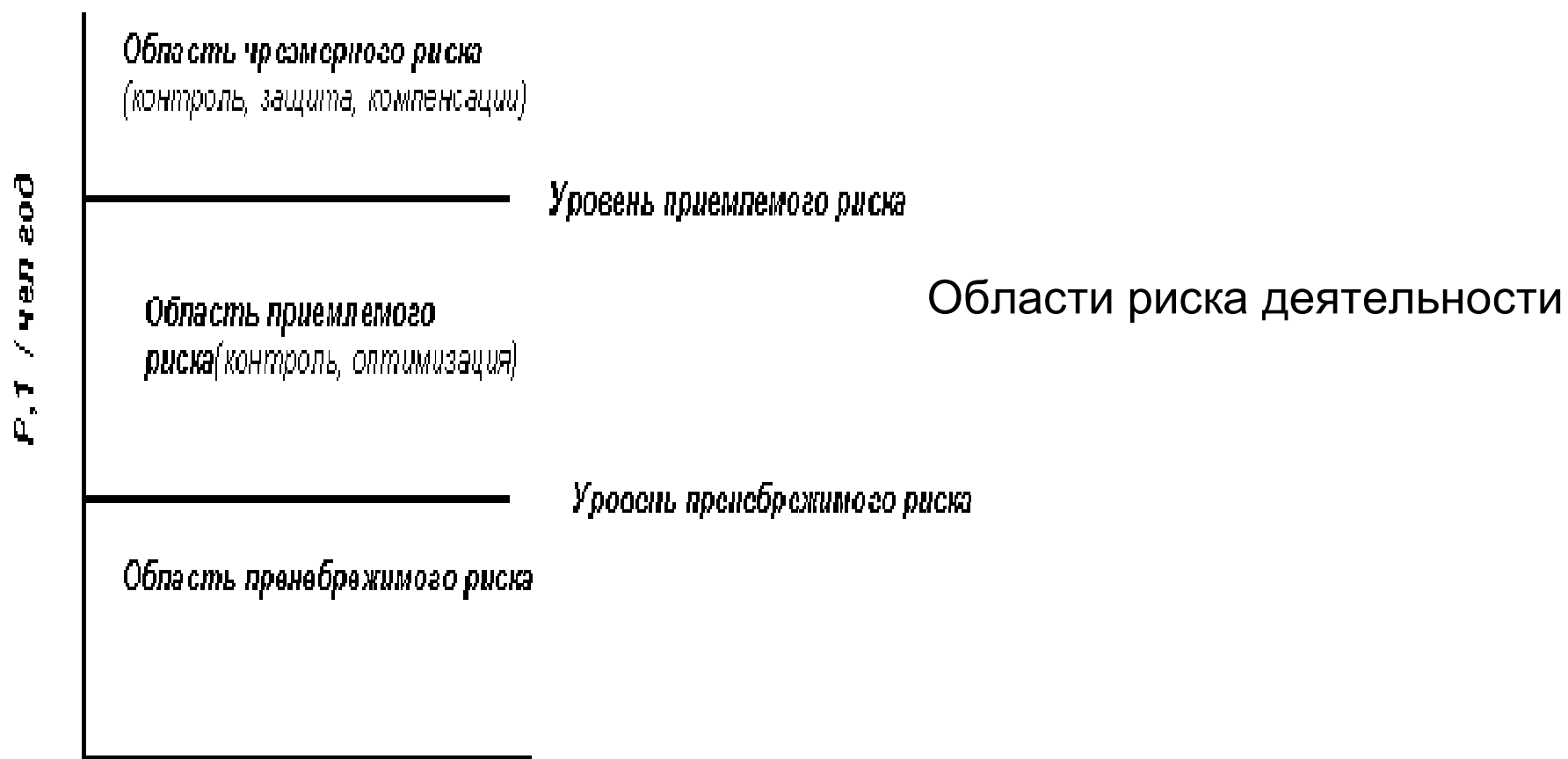
Поле потенциального риска [1/год] гибели для людей на открытой местности (Алымов В.Т., Тарасова Н.П., 2005)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Концепция приемлемого риска состоит в законодательном установлении предельно допустимого уровня приемлемого риска ***R приемл.*** и уровня пренебрежимого риска ***R пренебр.***, определяющих область рисков для жизнедеятельности, в которую попадает любая деятельность

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Приемлемый уровень риска – уровень индивидуального риска, обусловленный хозяйственной деятельностью, который находится в сфере компетенции регулирующих органов



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Анализ риска: назначение, основные этапы, характеристики

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Анализ риска как научная и управленческая деятельность представляет собой упорядоченную последовательность этапов научно-практических исследований, направленных на определение достоверных и обоснованных характеристик риска, а также на выявление эффективных мер по его сокращению

Необходимость анализа риска для различных объектов обусловлена:

- неустойчивостью природных, техногенных, социально-экономических и социально-психологических процессов;
- возможностью реализации в них опасных явлений;
- негативными воздействиями на биосферу.

Объект анализа техногенного риска -----система «человек - машина(техника) – среда».

Цель анализа техногенного риска:

- **определение источников опасностей;**
- **установление последовательности развития потенциальных аварий;**
- **определение вида и величины последствий;**
- **установление путей предотвращения аварий и смягчения последствий**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

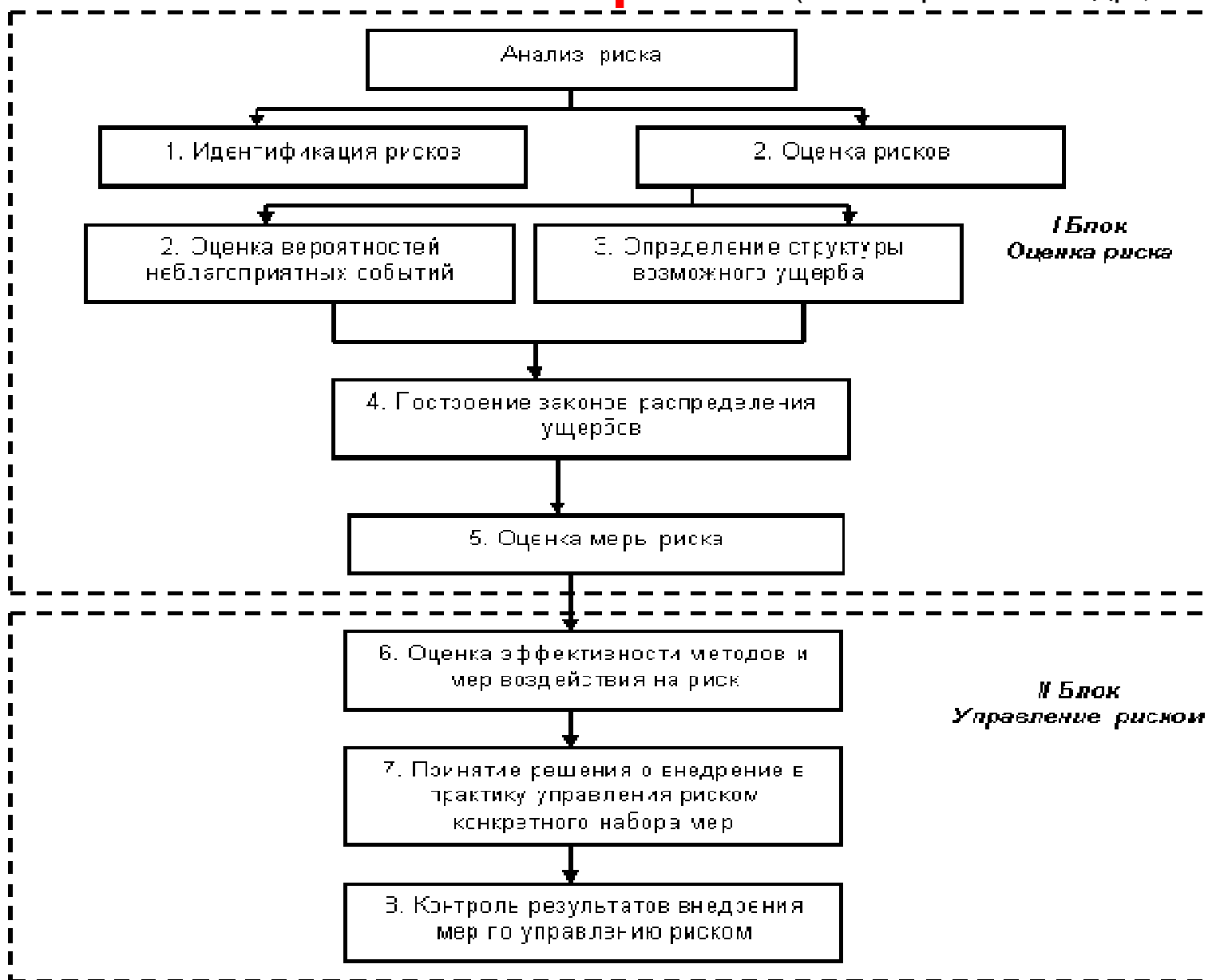
Основная задача анализа риска — предоставление объективной информации о состоянии опасного объекта (в отношении его безопасной эксплуатации) лицам, принимающим решения в отношении мер по снижению риска и обеспечению безопасности

Результаты анализа риска, позволяют:

- сопоставлять альтернативные проекты объектов и систем;
- выявлять наиболее существенные факторы, отвечающие за обеспечение безопасности;
- определять оптимальную структуру затрат для управления величиной риска и снижения риска до приемлемого уровня;
- создавать базу выработки нормативных документов и экспертирования конкретных проектов;
- воздействовать на общественное мнение, ориентируя его на объективные, а не на субъективные, эмоциональные или популистские оценки.

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Блок-схема анализа риска (Тихомиров Н.П. и др., 2003)



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Базовые понятия, используемые при анализе и оценке риска

Частота события (повторяемость) — число реализаций события, в том числе неблагоприятного события, во времени.

Ущерб — результат негативного изменения вследствие каких-то событий, явлений, действий состояния объектов, выражающийся в нарушении их целостности или ухудшении других свойств.

Процедура анализа техногенного риска

Установленная процедура анализа риска обеспечивает единообразную последовательность действий (алгоритм), базирующихся на общих положениях теории риска



Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Идентификация потенциальных опасностей в анализе техногенного риска

Идентификация опасностей — процесс, который устанавливает, что может случиться, почему и как при осуществлении каких-либо видов деятельности и хозяйственных проектов, т.е. выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации

Задачи идентификации опасностей:

- сбор информации о структуре объекта
- выявление опасностей

Методы идентификации опасностей техногенных систем

Методы: статистические, аналитические, экспертные, методы аналогий и т.п.

Методы статистической идентификации — применяются при наличии значительного объема информации, которая содержит сведения о силе воздействия, частоте негативных событий, о величине возможных ущербов и т.п. (идентификация рисков аварий и катастроф в промышленности);

Методы аналитической идентификации — используют анализ причинно-следственных связей между проявлением негативного события и вероятными ущербами для человека и окружающей среды (выявление опасностей техногенных аварий и катастроф с использованием диаграмм влияния в виде графов, деревьев событий, функциональных сетей, карт потоков).

Экспертные методы идентификации риска — используют при отсутствии статистической базы о частоте негативных событий, видах и уровнях возможного ущерба, либо когда затруднено системное представление процессов формирования риска (идентификация опасностей на основе определенной информации, накопленного опыта, результатов анализа объективной действительности)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Индексные методы идентификации техногенной опасности и риска (степень опасности производства определяется некоторым количеством показателей (индексом):

- *метод энергетических потенциалов взрывоопасности;*

- *метод индекса Доу (Dow Fire and Explosion Index).*

- **Методы качественных оценок опасности** (рассматриваются потенциальные угрозы и последствия на начальной стадии проектирования технологических процессов):

- *Предварительный анализ опасностей*

- *Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?».*

- *Анализ видов и последствий отказов (Failure Modes, Effects and Analysis)*

- **Методы количественных оценок опасности** (каждый вид отказа ранжируется с учетом вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа):

- *Анализ видов, последствий и критичности отказа (Failure Modes, Effects and Critical Analysis)*

- *Анализ опасности и работоспособности (HAZOP— Hazard and Operability Studie*

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ РЕАЛИЗАЦИИ ОПАСНОСТИ

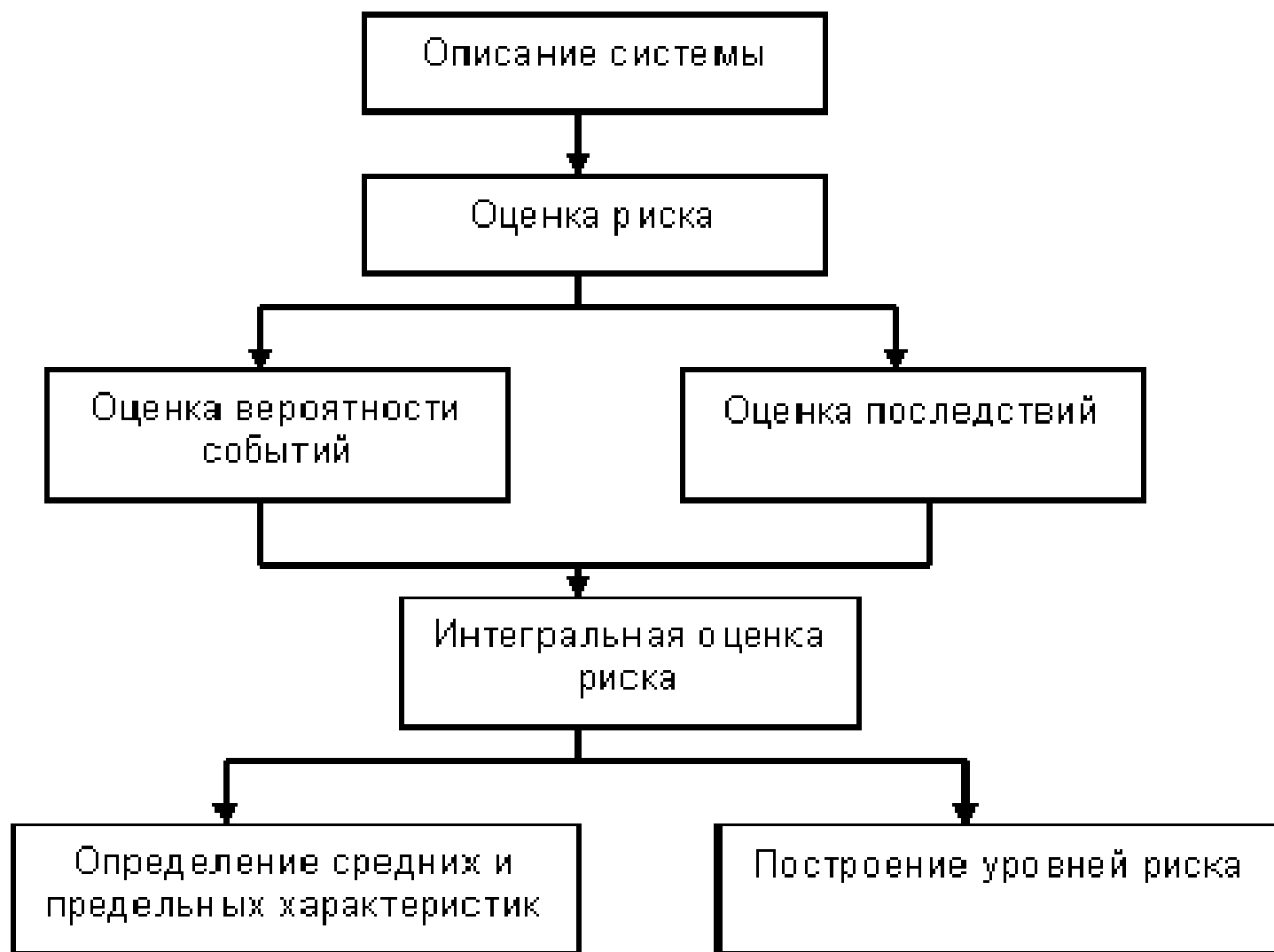
Сценарный анализ представляет собой метод прогнозирования высококвалифицированными экспертами нескольких возможных вариантов развития ситуации и связанной с этим динамики основных показателей рассматриваемого процесса, проекта и т.д.

В проблеме оценки надежности и риска сценарный анализ может быть использован как дополнение к стандартному рассмотрению, расчету опасных ситуаций, которые отражают лишь «нормальные» варианты.

Метод сценариев — это метод декомпозиции (т.е. упрощения) задачи прогнозирования, предусматривающий выделение набора отдельных вариантов развития событий (сценариев), в совокупности охватывающих все возможные варианты развития.

Оценка риска (Оценка уровня риска («risk estimation», «risk assessment», «risk evaluation»))
— процесс оценки вероятности возникновения события и возможной величины негативных последствий для безопасности, здоровья, экологических и финансовых последствий за определенный период времени

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.



Общая схема процедуры количественной оценки риска

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Основных метода оценки вероятности проявления негативного события:

- **Статистический**, основанный на анализе накопленных статистических данных по аналогичным событиям, произошедших на объектах однотипового вида деятельности, на территории данного региона в прошлом (частоты негативных событий);
- **Аналитический (теоретико-вероятностный)**, основанный на изучении причинно-следственных связей в территориально-производственной системе, позволяющий оценить вероятность неблагоприятного события как сложного явления;
- **Экспертный**, предполагающий оценку вероятностей событий путем обработки результатов опросов экспертов.

Подход к оценке последствий негативного события:

Теория риск-анализа не предполагает точной оценки ущерба в каждой конкретной ситуации.

При оценке ущерба в задачах прогноза следует рассматривать случайную величину ущерба и построение законов распределения вероятностей ущерба для того или иного негативного события с учетом его силы.

В исследованиях риска обычно используют некоторые типовые законы распределения ущербов (нормальное, Пуассона, Вейбулла и др.). В случае крупных, но редких событий, которыми нельзя пренебречь, чаще всего используют степенные распределения, распределения Парето (распределения типа распределений «с тяжелыми хвостами» — *heavy tails* или *fat tails*).

Интегральные показатели риска

Средние и предельные характеристики риска

- средний риск;
- **максимально приемлемая величина ущерба** (принимается величина ущерба, меньше, чем затраты на обоснование и внедрение в практику мер и мероприятий по защите объекта от неблагоприятных воздействий при реализации техногенной опасности);
- **максимально допустимая вероятность его возникновения** (принимается значение вероятности возникновения крупных убытков, не превышающее допустимое значение).

Интегральная оценка опасностей

1). Опасные *независимые* события

$$R_{инт} = \sum_i R_i \quad \text{где, } R_i \text{ — риск от } i\text{-го негативного события;}$$

$R_{инт}$. — величина интегрального риска

2). *Взаимосвязанные* риски

$$R_{инт} = \mathbf{U}_i R_i \quad \text{где } \mathbf{U}_i \text{ — представляет собой операцию объединения множеств}$$

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Оценивание риска ---- **сравнение**
полученных показателей **риска** **с**
критерием приемлемого риска

**Показатель риска \leq Предельно
допустимый уровень приемлемого
риска**

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.

Сравнительный анализ рисков

Основные задачи сравнительного анализа рисков:

- выбор приоритетных проблем;
- выбор направления инвестирования с целью снижения рисков;
- комплексное решение проблемы с учетом максимальной выгоды для населения.

Порядковая шкала уровня (степени) риска смерти								
Низкий			Средний			Высокий		
$< 10^{-8}$	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	$> 10^{-2}$
пренебрежимый	низкий	относительно низкий	средний	относительно высокий	высокий	очень высокий	экстремальный	
Порядковая шкала опасности								
8	7	6	5	4	3	2	1	

Порядковая шкала опасностей (Быков А.А., 1999)

Техногенные системы и экологический риск. Лекция 3. Доц. Николина Е.С.